Aanraakschakelaars

In dit artikel geven wij een uitgebreid overzicht van technieken die u kunt gebruiken voor het ontwerpen van aanraakschakelaars. Dat zijn ideale experimenteerschakelingen voor de hobbyist omdat zij weinig elektronica kennis vereisen.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 30-12-2020

Achtergrond informatie

Wat zijn aanraakschakelaars?
Het principiële verschil tussen een normale schakelaar en een aanraakschakelaar is dat u bij de eerste soort een mechanisch onderdeel moet aanraken, waarna u op dit onderdeel een kracht moet uitoefenen. Dat kan zijn het indrukken van een drukknop, het kantelen van een tumbler of het draaien aan een draaischakelaar. Bij een aanraakschakelaar is het aanraken ervan voldoende om de schakelaar te activeren.

Hoe worden deze schakelaars nog genoemd?
In de elektronica vakliteratuur heeft men het meestal over '*tiptoetsen*', '*touch controls*', '*touch sensors*' of '*touch switches'*.

De voordelen van aanraakschakelaars
Aanraakschakelaars hebben als voordeel dat u deze 'onderdelen' in de lay-out van een print kunt integreren. In voornamelijk spotgoedkope apparatuur wordt hiervan dankbaar gebruik gemaakt omdat dit de totale productieprijs van een apparaat uiteraard gunstig beïnvloedt. Niet alleen zijn minder onderdelen nodig, maar ook de fabricagetijd daalt aanzienlijk. Aanraakschakelaars hebben bovendien als groot voordeel dat ze vandaalbestendig gemaakt kunnen worden en door het ontbreken van mechanische delen ook niet kunnen slijten.

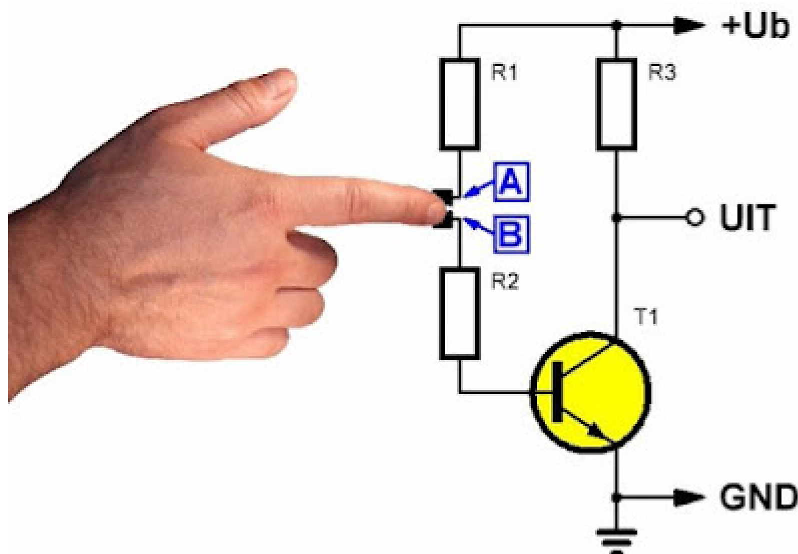
Drie bruikbare principes
Voor het ontwerpen van aanraakschakelaars kunt u gebruik maken van drie principes:
- Het resistieve principe.
- Het inductieve principe.
- Het capacitieve principe.

Men heeft nog andere principes ontwikkeld, maar die zijn niet geschikt voor zelfbouw, dus die laten wij in dit artikel buiten beschouwing.

Het resistieve principe

Het werkingsprincipe
Het resistieve principe maakt gebruik van de ohmse weerstand van de menselijke huid, zie de onderstaande figuur. Als u met de top van uw vinger de contacten A en B overbrugt zal er een bepaalde stroom van de positieve voedingsspanning $+U_b$ via de weerstand R1, uw huidweerstand en de weerstand R2 in de basis van de transistor T1 vloeien. De halfgeleider gaat hierdoor min of meer geleiden. Over de weerstand R3 in de collectorkring ontstaat een

spanningsval. De spanning op de collector daalt dus van $+U_b$ naar een lagere waarde. Deze spanningsval wordt verwerkt door de daarop volgende schakeling.

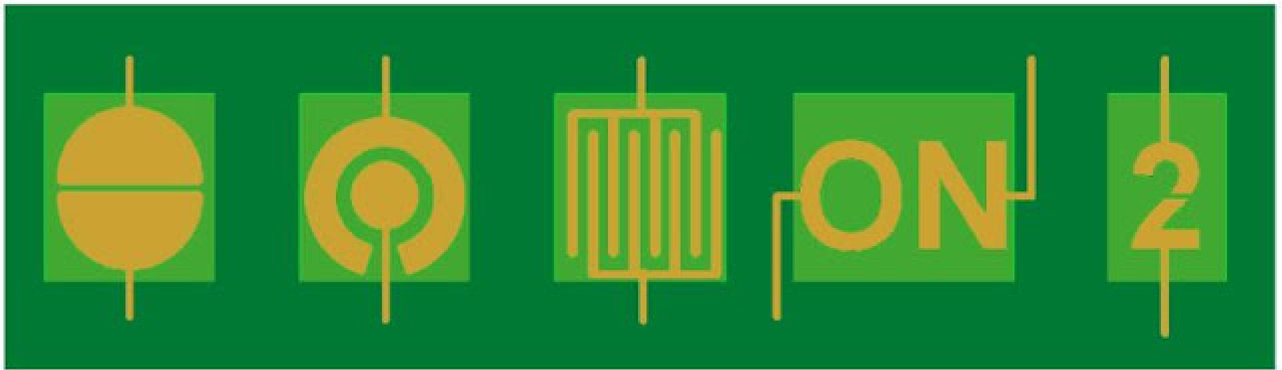


Het resistieve principe. (© 2020 Jos Verstraten)

De nadelen van het principe
De nadelen van dit systeem zijn dat de sensor opgebouwd moet zijn uit twee contacten, dat deze van een geleidend materiaal moeten zijn gemaakt en dat de contacten aanraakbaar moeten zijn. U kunt deze twee contacten natuurlijk rechtstreeks opnemen in de lay-out van een print. Koper is echter extreem gevoelig voor oxidatie en omdat de twee contacten geleidend moeten zijn kunt u dat deel van de print niet bespuiten met de een of andere beschermende lak. Om het systeem op langere termijn betrouwbaar te laten werken zit er niets anders op dan de contacten te (laten) vergulden.
Een ander nadeel is dat het systeem gevoelig is voor vervuiling tussen de contacten door huidvet. Regelmatig schoonmaken van de contacten is dus absoluut noodzakelijk.
Tot slot is de weerstand van de huid geen constante factor. Deze varieert niet alleen van persoon tot persoon, maar is bovendien afhankelijk van de emotionele toestand van het individu dat de schakelaar bedient. Besluit is dat de schakelaar zó gevoelig moet zijn dat een weerstand van een paar MΩ reeds tot het gewenste schakeleffect aanleiding geeft.

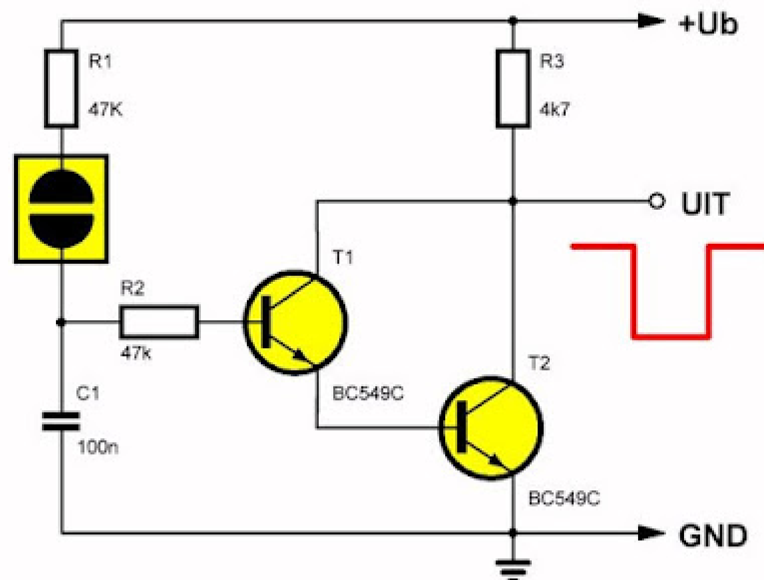
De voordelen van het principe
Het eerste voordeel van het resistieve systeem is dat uitwendige stoorpulsen, zoals bliksem of sterke elektromagnetisch velden, de werking van de schakeling niet kunnen beïnvloeden. Contact B heeft immers, als er een positieve spanning op ontstaat, een vrij lage weerstand ten opzichte van de massa van de schakeling.
Een tweede voordeel is dat u op de componentenzijde van de print een LED'je kunt monteren die via de print de tiptoets belicht. Op het moment dat u de tiptoets aanraakt licht deze lichtgroen op.

De vorm van de contacten
In de onderstaande figuur zijn enige vaak gebruikte uitvoeringen van resistieve tiptoets sensoren getekend. Cijfers of letters die de functie van de tiptoets toelichten moet u dus in twee delen hakken, wat het esthetisch uiterlijk niet ten goede komt.



Mogelijke uitvoeringen van de contacten. (© 2020 Jos Verstraten)

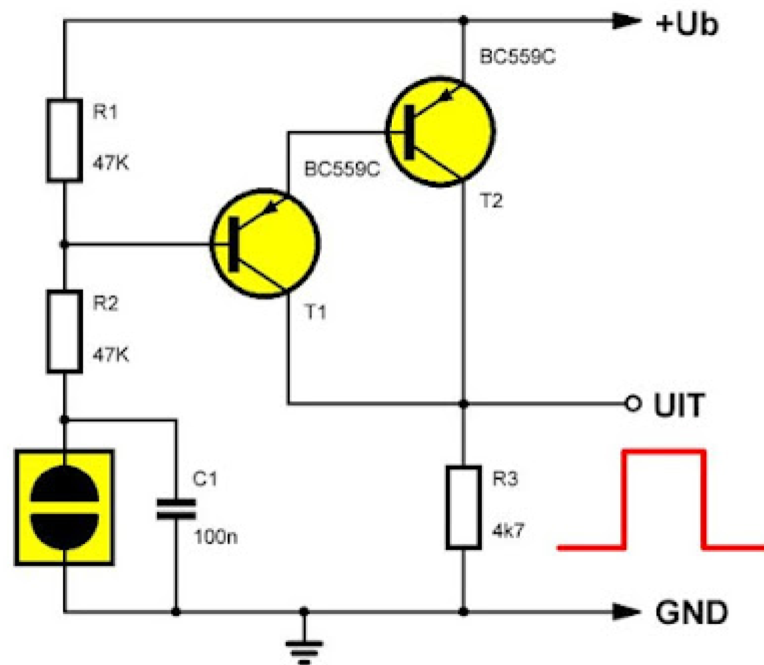
Een praktische schakeling met een darlington
In de onderstaande figuur ziet u een eenvoudige, maar goed werkende uitvoering van een resistieve tiptoets. U ziet dat de twee transistoren op de typische darlington manier met elkaar zijn verbonden. Het voordeel is dat de stroomversterkingsfactoren van de twee transistoren met elkaar worden vermenigvuldigd. Als u transistoren gebruikt met een versterkingsfactor van 300, dan heeft de darlington schakeling een versterking van niet minder dan 90.000. Voor de volledige in geleiding sturing van T2 is een huidweerstand van 1 MΩ voldoende. Met de twee extra weerstanden R1 en R2 wordt de schakeling beveiligd tegen het per ongeluk kortsluiten van de twee aanraak elektroden.
Als u de tiptoets niet aanraakt sperren beide transistoren en staat de uitgang op de voedingsspanning. Raakt u de tiptoets aan, dan gaan beide transistoren geleiden en wordt de uitgang naar de GND (massa) getrokken.
De condensator C1 zorgt ervoor dat inductiespanningen die eventueel via de hoogimpedante ingang de schakeling willen binnendringen worden kortgesloten naar de massa.



Een resistieve tiptoets met een darlington. (© 2020 Jos Verstraten)

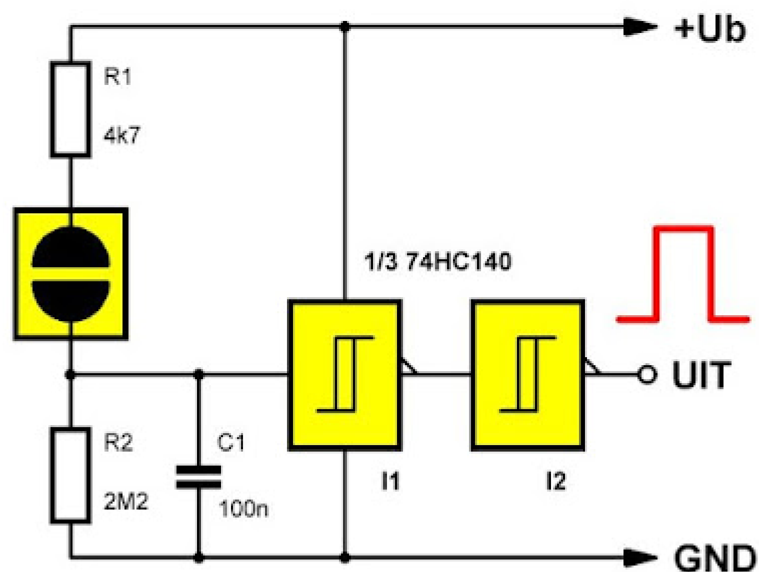
En nu met een positieve uitgangspuls
De vorige schakeling genereert een hoog-naar-laag-naar-hoog puls als u de tiptoets aanraakt. Voor sommige toepassingen moet u echter een laag-naar-hoog-naar-laag puls hebben. Dat kan met evenveel onderdelen. Het enige dat verandert is dat u nu PNP-transistoren moet gebruiken in plaats van NPN-exemplaren. Het schema is getekend in de onderstaande figuur. In rust sperren de twee transistoren. Er loopt immers geen stroom door R1 en R2 en de basis van T1 staat op $+U_b$. Als u de tiptoets aanraakt gaat er stroom lopen door de seriekring R1-R2-huidweerstand. De basisspanning van T1 gaat dalen, beide transistoren gaan geleiden. De uitgang wordt via de geleidende T2 doorverbonden met de

voeding, de uitgang wordt positief.



Een alternatieve schakeling met een positieve uitgangspuls.
(© 2020 Jos Verstraten)

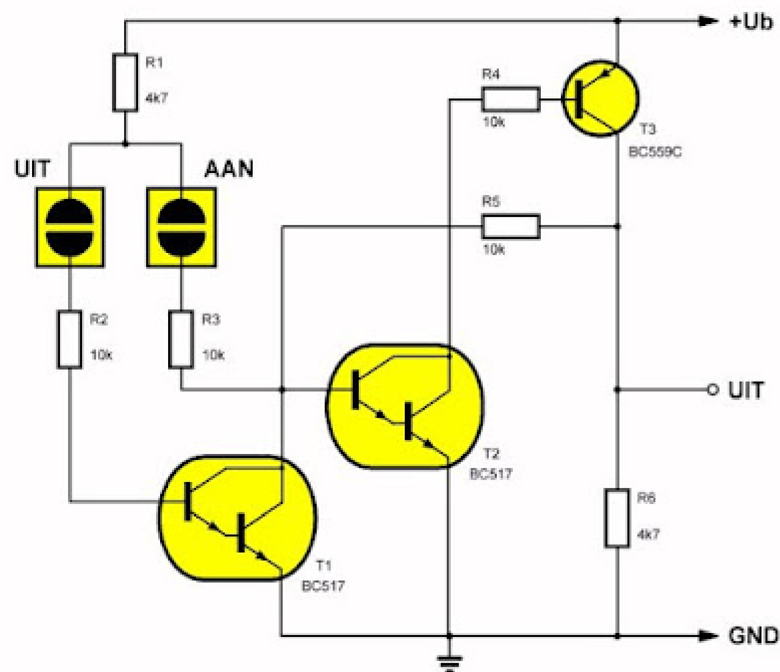
Tiptoets met schmitt-trigger
Als u werken met transistoren ouderwets vindt kunt u gebruik maken van de onderstaande schakeling waarin een 74HC140 schmitt-trigger wordt toegepast. Dit IC bevat zes identieke inverters met schmitt-trigger werking.
In rust staat de ingang van de eerste poort I1 via de weerstand R2 op massa-potentiaal en is zijn uitgang 'H'. Dit signaal wordt door de tweede poort geïnverteerd. De uitgang van de schakeling is dus 'L'. Als u de tiptoets aanraakt ontstaat er een weerstandsdeler aan de ingang waardoor de ingang van de eerste poort boven het schmitt-trigger niveau komt. De uitgang schakelt naar 'L'. Dit signaal wordt weer geïnverteerd door de tweede poort en de uitgang wordt 'H'.



Een tiptoets met TTL-poorten. (© 2020 Jos Verstraten)

Een tiptoets met AAN/UIT-geheugen
De tot nu toe behandelde schakelingen hebben geen geheugen, zij onthouden uw laatste

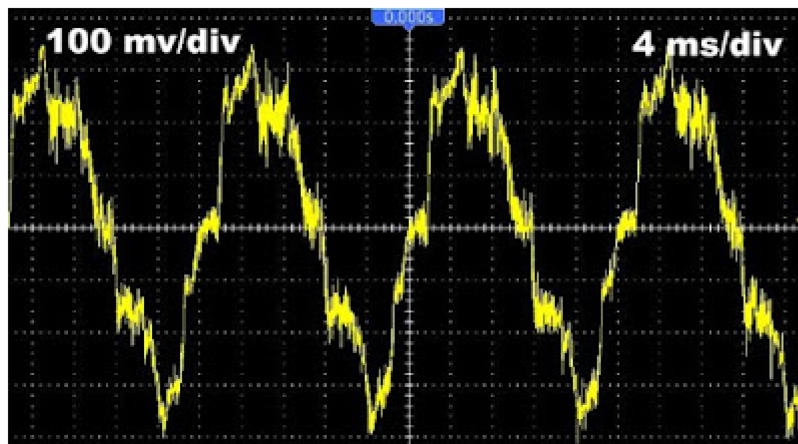
actie niet. Als dat wél de bedoeling is kunt u gebruik maken van de onderstaande schakeling. Deze werkt met twee tiptoetsen. Met de ene zet u de uitgang op een hoge spanning, met de tweede op een lage spanning. In dit schema wordt geen gebruik gemaakt van twee losse als darlington geschakelde transistoren, maar van de BC517. Deze halfgeleider bevat twee als darlington geschakelde transistoren, is goed leverbaar en kost slechts acht euro cent!
In rust zijn alle transistoren gesperd en staat de uitgang dus op 0 V of logisch 'L'. Raak nu even de AAN-sensor aan. De darlington T2 wordt in geleiding gestuurd. De collector gaat naar de massa (GND). Transistor T3 kan nu via de weerstand R4 basisstroom trekken en gaat geleiden. De uitgang wordt verbonden met de voedingsspanning en wordt dus 'H'. Via de weerstand R5 blijft de darlington T2 basisstroom trekken, ook als u uw vinger van de AAN-sensor haalt.
Conclusie: de schakeling blijft in de geactiveerde toestand en de uitgang blijft 'H'.
Dat verandert als u even de UIT-sensor aanraakt. De darlington T1 gaat nu via weerstand R2 basisstroom trekken en gaat geleiden. De collector wordt met GND verbonden. Hierdoor gaat ook de basis van darlington T2 naar GND. Deze transistor gaat naar sper. Het gevolg is dat ook de basissturing van T3 wegvalt en deze halfgeleider gaat sperren. De uitgang gaat naar 'GND'. Deze toestand blijft stabiel als u uw vinger weghaalt van de UIT-sensor. Op dat moment gaan de drie transistoren weer sperren.



Een schakeling die onthoudt welke tiptoets u hebt aangeraakt.
(© 2020 Jos Verstraten)

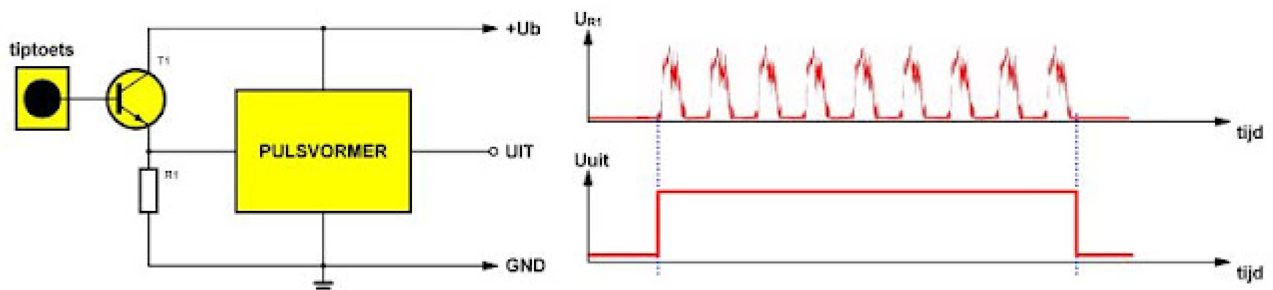
Het inductieve principe

Het werkingsprincipe
Het tweede tiptoets systeem maakt gebruik van het gegeven dat uw lichaam vol zit met uit de lucht opgepikte elektromagnetische velden van allerlei zenders, maar vooral van de netspanning. Deze velden genereren in uw elektrisch geleidend lichaam een kleine, maar goed waarneembare wisselspanning. De luide brom, die uit uw luidsprekers opstijgt als u de LINE-ingang van uw versterker aanraakt met uw vingertop zegt genoeg! Deze spanning is zelfs te meten door bijvoorbeeld de '*hete*' klem van uw multimeter aan te raken. De meter zal dan meer dan 5 volt aanwijzen. Die menselijke spanningsbron ziet er op de oscilloscoop uit zoals in de onderstaande figuur is voorgesteld. U ziet dat de 50 Hz van de netspanning heel dominant aanwezig is.



Een weergave van de wisselspanning die in uw lichaam aanwezig is. (© 2020 Jos Verstraten)

Hoge ingangsweerstand noodzakelijk
Nu moet die menselijke wisselspanningsbron wel aangesloten worden op een schakeling met een hoge ingangsweerstand, anders blijft er van die spanning niets over. Zo'n hoogohmige ingangsschakeling is getekend in de onderstaande figuur. Dit is een standaard emittervolger schakeling. Zo'n schakeling heeft een zeer hoge ingangsweerstand. In rust staat de transistor gesperd en over de emitterweerstand R1 meet u geen spanning. Raakt u de tiptoets met een vingertop aan, dan zullen de positieve halve sinussen van uw lichaamsspanning de transistor open sturen. Over de emitterweerstand R1 ontstaan flinke spanningspulsen met een frequentie van 50 Hz. Deze pulsen U_{R1} zijn niet geschikt als schakelpuls, u moet in een op de emittervolger volgende schakeling deze 50 Hz pulsen omzetten in een mooie schakelpuls U_{uit}. In de meeste gevallen wordt hiervoor een monostabiele multivibrator gebruikt.



Blokschema van een inductieve aanraakschakelaar. (© 2020 Jos Verstraten)

De voordelen van het principe
Dit principe is veel eleganter dan het resistieve. Niet alleen is de gevoeligheid groter, zelfs een zeer licht beroeren van de sensor is voldoende om de transistor in geleiding te brengen. Bovendien spelen moeilijk in de hand te houden parameters, zoals de vervuiling van de sensor of de individuele verschillen in huidweerstand geen enkele rol.
Tot slot moet u de tiptoets niet in twee van elkaar geïsoleerde delen uitvoeren, maar volstaat één geleidend oppervlak. Dat geeft u veel meer mogelijkheden om er iets moois van te maken.

Het nadeel van het principe
Het enige nadeel van dit systeem is dat de schakeling gevoelig is voor allerlei stoorspanningen. De verbinding tussen de sensor en de basis van de transistor is een ideale antenne. Allerlei verschijnselen, zoals bliksem of het aanschakelen van een TL-buis, die gepaard gaan met het ontstaan van zeer hoge spanningspieken, bouwen in de ruimte een elektromagnetisch veld op. Dit veld zal in de verbindingsdraad tussen sensor en basis een spanning induceren, waardoor de halfgeleider eventueel in geleiding kan komen. Een zorgvuldige afscherming van de verbinding tussen aanraaksensor en schakeling geeft deze stoorpulsen echter geen kans om de schakeling te verzieken.

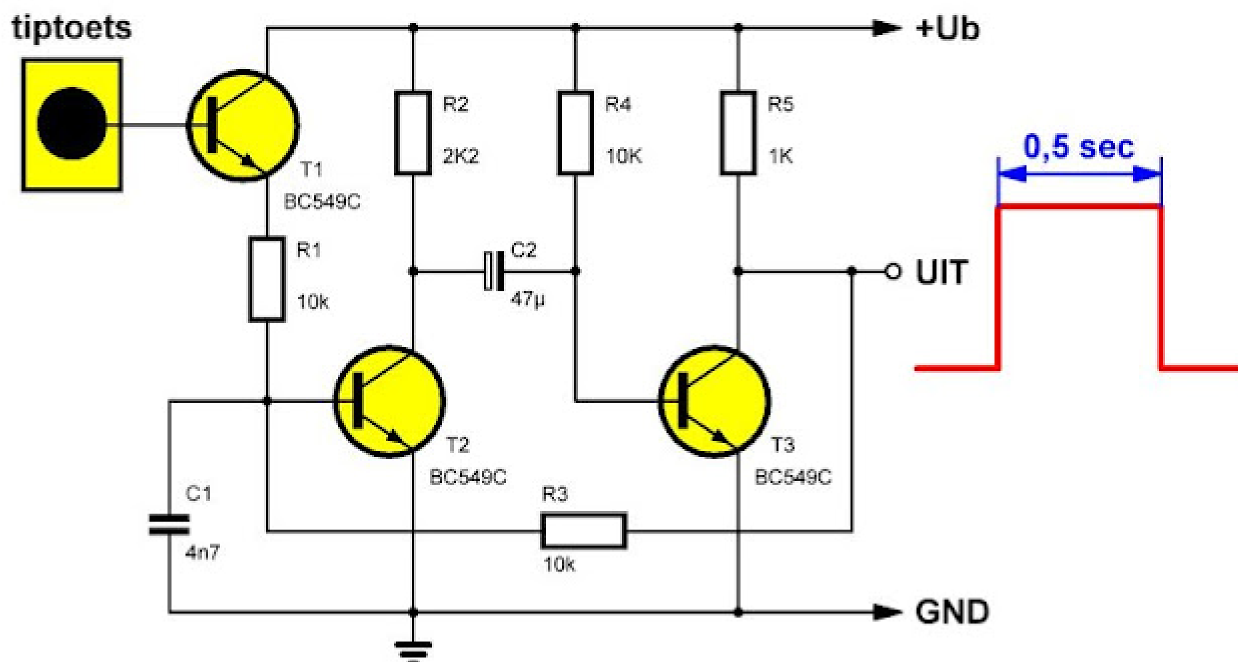
De vorm van het contact

Omdat er maar één geleidend oppervlak noodzakelijk is kunt u uw creativiteit de vrije loop laten bij het bedenken van de tiptoets. U kunt zo'n contact niet alleen etsen op een printplaat, maar ook in of op ieder isolerend materiaal monteren. In iedere bouwmarkt kunt u ontelbare vormen van sierspijkers en -schroeven vinden die u voor tiptoetsen kunt gebruiken. Zo'n tiptoets moet u dan wél via een afgeschermd kabeltje aansluiten op de print van de schakeling. U soldeert alleen de centrale ader aan de tiptoets. Op de print verbindt u ook de afscherming van de kabel met de massa van de schakeling. In de onderstaande foto ziet u hoe wij zélf, lang geleden, een schakeling met drie inductieve tiptoetsen vorm hebben gegeven.



Een voorbeeld van inductieve tiptoetsen. (© 2020 Jos Verstraten)

Een schakeling met transistoren
Een schakeling die wij zélf hebben ontworpen en die gegarandeerd goed werkt is voorgesteld in de onderstaande figuur. De monostabiele multivibrator ziet u terug onder de vorm van de halfgeleiders T2 en T3 en de passieve onderdelen C2 en R3. De transistor T1 is verbonden met de tiptoets. In rust zal transistor T3 geleiden. Immers, zijn basis is via weerstand R4 met de voeding verbonden. De collectorspanning is nul. De halfgeleider T2 spert omdat zowel R1 als R3 stroomloos zijn. Zijn collectorspanning is dus gelijk aan de voedingsspanning. Als u de tiptoets aanraakt gaat T1 geleiden en sperren in een 50 Hz ritme. Er vloeit via deze halfgeleider en weerstand R1 een stroom in de basis van T2. Deze transistor gaat geleiden, waardoor de collectorspanning gelijk wordt aan nul.
Het netwerk C2/R4 vormt een differentiator. De plotselinge negatieve spanningssprong op de collector van T2 wordt dus ongehinderd doorgelaten naar de basis van T3. Deze halfgeleider spert en de collectorspanning stijgt opeens naar de voedingsspanning. De terugkoppel weerstand R3 stuurt nu een flinke stroom in de basis van T2, zodat deze halfgeleider blijft geleiden, ook als u de tiptoets niet meer aanraakt. De negatieve spanning op de rechter plaat van de condensator C2 vloeit langzaam weg naar de voeding via de weerstand R4. Na een bepaalde tijd T gaat T3 dus opnieuw geleiden, de collectorspanning wordt weer nul. De sturing via R3 van T2 valt weg en de schakeling belandt opnieuw in de rusttoestand.
De tijdsduur T is afhankelijk van de grootte van de onderdelen C2 en R4. Met de ingetekende waarden is deze periodeduur gelijk aan een halve seconde. De condensator C1 zorgt ervoor dat de monostabiele multivibrator niet getriggerd wordt door korte stoorpulsen die via de 'antenne' T1 in de schakeling binnendringen.
Met de mooie uitgangspuls op de collector van T3 kunt u een andere schakeling netjes in- of uitschakelen.



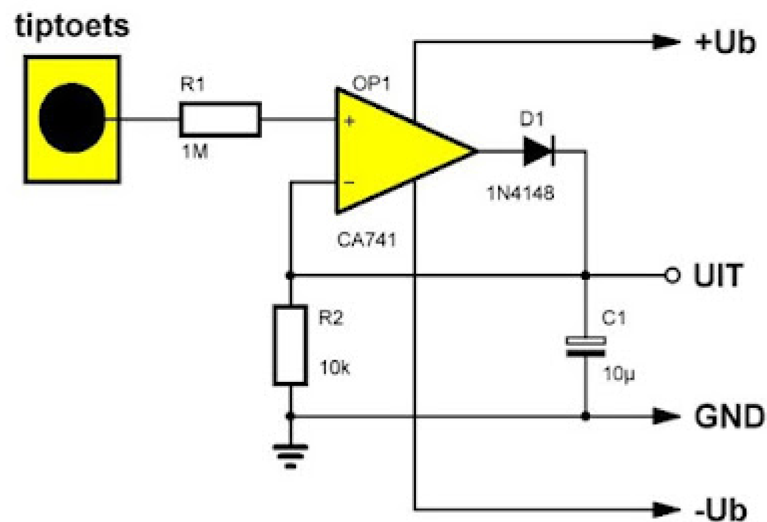
Een inductieve tiptoets met transistoren. (© 2020 Jos Verstraten)

Een schakeling met een op-amp

Operationele versterkers hebben een zeer hoge ingangsimpedantie. Het ligt dus voor de hand dat zij ideaal zijn voor het opbouwen van tiptoetsen. Dat klopt, kijk maar naar onderstaande figuur. De tiptoets gaat via een beveiligingsweerstand R1 van 1 MΩ naar de positieve ingang van de op-amp OP1. Tussen de uitgang en de inverterende ingang staat een topdetectie circuit.

Als u de tiptoets niet aanraakt zal de uitgangsspanning van de op-amp niet exact te voorspellen zijn. Het kan zijn dat de uitgang vastloopt tegen de negatieve voeding of er kan een kleine positieve spanning te meten zijn. Een en ander is afhankelijk van de offset van de op-amp. Hoe dan ook, de uitgang van de schakeling, af te takken van de inverterende ingang is nul. Bij vastlopen van de op-amp tegen de negatieve voedingsspanning spert de diode D1, bij een positieve uitgangsspanning zal de geleidingsspanning van de diode ervoor zorgen dat de inverterende uitgang op hetzelfde potentiaal staat als de positieve ingang: nul volt.

Als u de tiptoets aanraakt verschijnt er op de positieve ingang van de op-amp een 50 Hz wisselspanning van ongeveer 5 V. Bij het verschijnen van de positieve ingangspulsen ontstaat er in eerste instantie een groot spanningsverschil tussen beide ingangen van de op-amp. De uitgang reageert hierop door vast te lopen tegen de positieve voedingsspanning. De diode D1 gaat geleiden, de condensator C1 wordt opgeladen via de lage uitgangsimpedantie van de op-amp. De uitgangsspanning van de schakeling stijgt dus vrij snel tot de topwaarde van de ingangspuls. Deze spanning is zonder meer geschikt voor het aansturen van andere schakelingen.



Een inductieve tiptoets met een op-amp. (© 2020 Jos Verstraten)

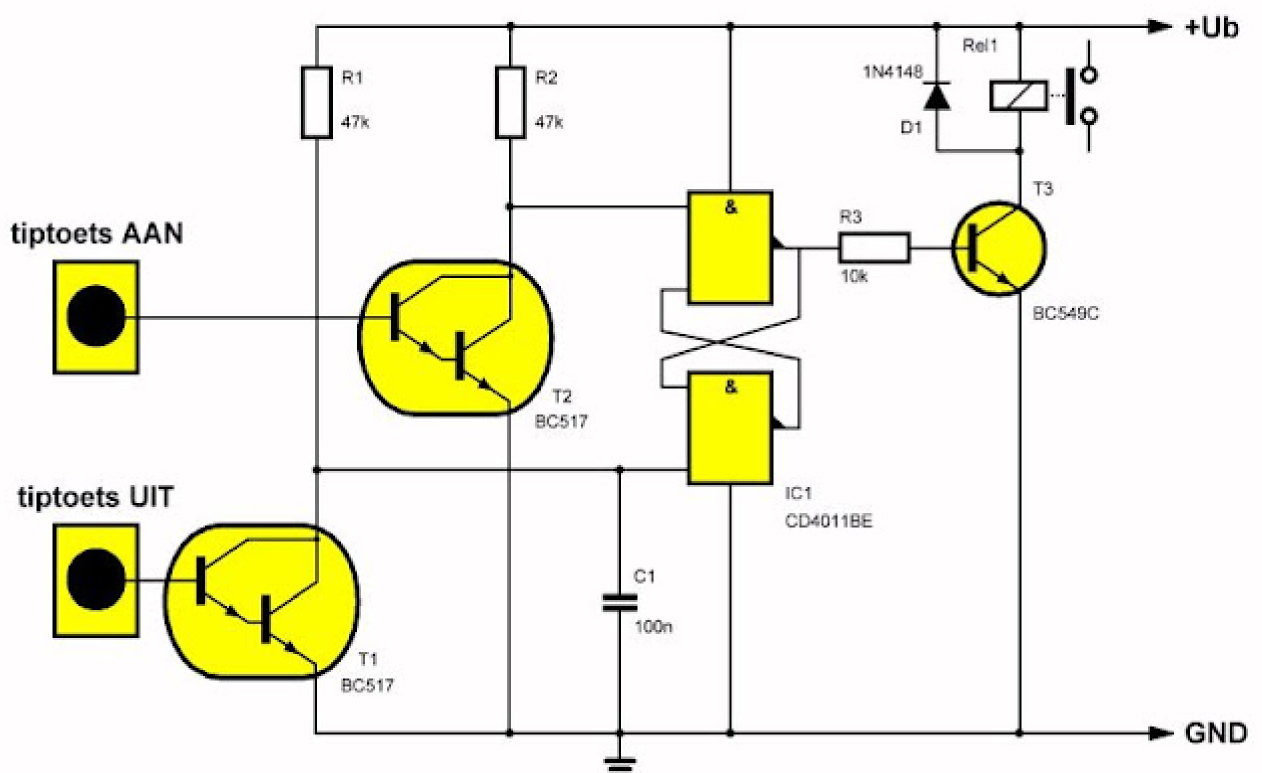
Een AAN/UIT-schakeling met relais

In de onderstaande figuur wordt een relais geschakeld via twee tiptoetsen. Door het aanraken van de bovenste tiptoets schakelt het relais in, door het aanraken van de onderste schakelt het relais weer uit. Als geheugen wordt een set/reset flip-flop toegepast. Deze is samengesteld uit twee NAND-poorten uit een CD4011BE CMOS-schakeling.

Bij het inschakelen van de voedingsspanning gaan de ingangen van de poorten via de weerstanden R1 en R2 naar 'H'. De ingang van de onderste poort doet dit iets trager dan de bovenste vanwege de condensator C1. Het gevolg is dat de bovenste poort twee hoge ingangen krijgt en de uitgang in ieder geval 'L' blijft.

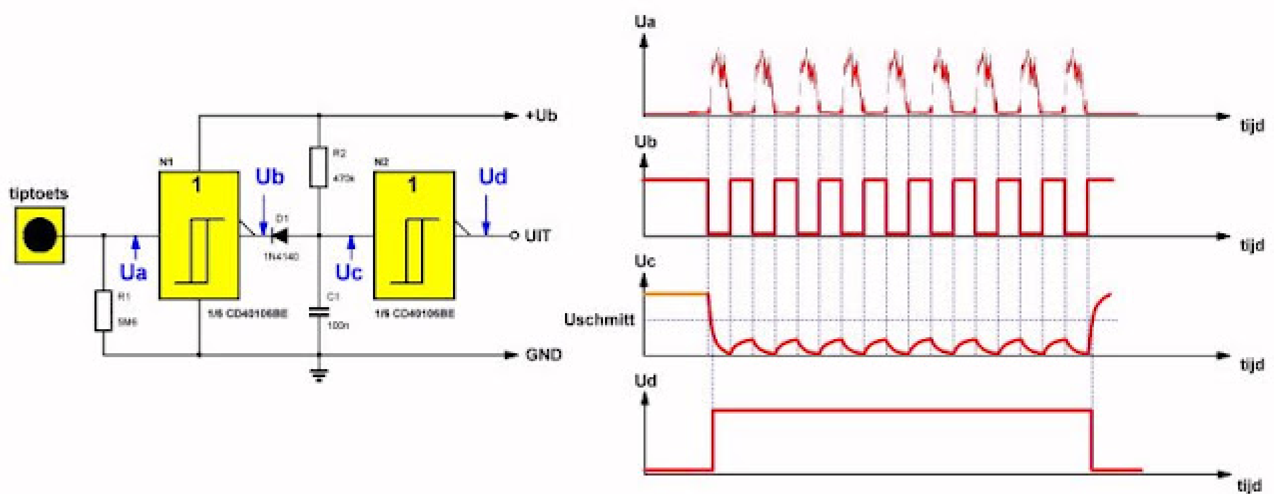
Als u de AAN tiptoets aanraakt gaat T2 geleiden. De bovenste ingang van de bovenste poort gaat naar 'L'. Het gevolg is dat de uitgang van die poort naar 'H' schakelt en het relais wordt bekrachtigd. De onderste poort ontvangt nu twee hoge ingangen, de uitgang wordt 'L'. Deze 'L' wordt teruggekoppeld naar de bovenste poort met als gevolg dat de uitgang van die poort 'H' blijft, ook na het loslaten van de tiptoets AAN. Het relais blijft dus aangetrokken.

Met een identieke redenering kunt u aantonen dat als u de UIT tiptoets aanraakt het relais afvalt en in die toestand volhardt.



Een voorbeeld met CMOS schmitt-triggers

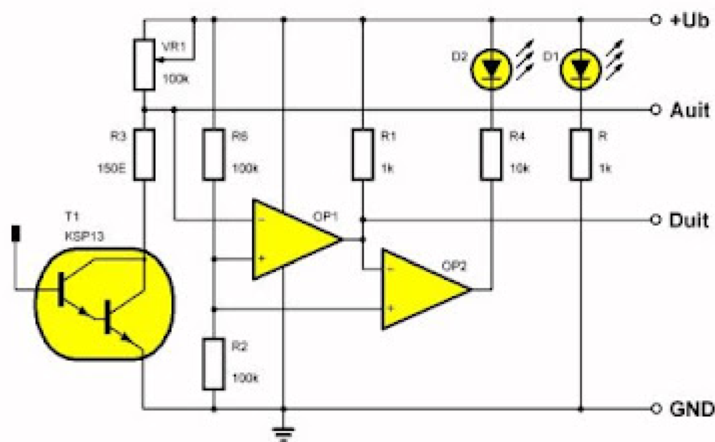
In de onderstaande figuur ziet u een inductieve aanraakschakelaar met twee CMOS inverters met schmitt-trigger werking. U kunt hiervoor de CD40106 toepassen die zes van dergelijke schakelingen bevat en waarmee u dus drie tiptoetsen kunt maken.
De ingang van poort N1 (U_a) ligt via een zeer hoge weerstand R1 aan de massa. In rust is de uitgang van deze poort (U_b) dus 'H'. De ingang van poort N2 (U_c) wordt via de weerstand R2 met de voedingsspanning verbonden en is 'H'. Vanwege de inverterende werking van de poort is de uitgang van de schakeling (U_d) 'L'.
Raakt u de tiptoets aan, dan zal er 50 Hz inductiespanning in de schakeling worden geïntroduceerd. De positieve toppen van dit signaal laten poort N1 omklappen, de uitgang wordt 50 keer per seconde 'L'. Als de uitgang 'L' is zal diode D1 gaan geleiden en de condensator C1 onmiddellijk via de lage uitgangsweerstand van de poort ontladen. Als de uitgang weer gedurende 10 ms 'H' wordt zal de diode sperren en de condensator kan weer gaan opladen via de vrij hoge weerstand R2. De tijdconstante van de laadkring is echter zo groot dat de spanning over de condensator kleiner blijft dan de drempel ($U_{schmitt}$) van de schmitt-trigger ingang van de poort N2. De uitgang van de schakeling blijft dus 'H' zolang u de tiptoets aanraakt.

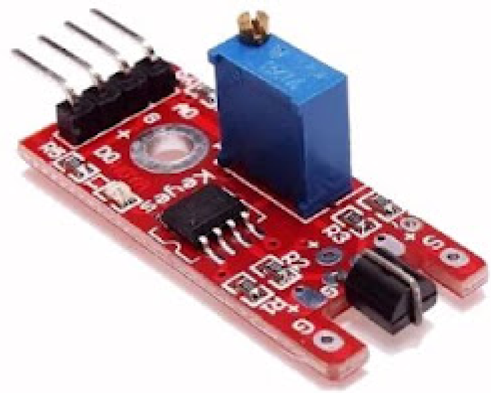


Een inductieve tiptoets met CMOS-schakelingen. (© 2020 Jos Verstraten)

De KY-036 module

Tot slot van de bespreking van de inductieve aanraakschakelaars besteden wij even aandacht aan een kant-en-klare module die u via de bekende Chinese webshops voor ongeveer € 1,50 kunt bestellen. Zoals uit de onderstaande foto blijkt bestaat de tiptoets hier uit de basisaansluiting van een darlington KSP13 die over de behuizing van de transistor is gebogen. De 3,5 cm x 1,5 cm x 1,3 cm grote unit bevat verder een dubbele op-amp die het signaal op de collector van de transistor eerst vergelijkt met een instelbare drempel en er een mooie 50 Hz blokgolf van maakt. De tweede op-amp wordt alleen gebruikt voor het sturen van een LED'je.
Let dus op! Deze module levert dus geen 'H' signaal als u de basis van de transistor aanraakt maar een blokgolf!
Vreemd genoeg staan er op het internet tientallen schema's van deze module die foutief zijn. De KSP13 is een NPN-darlingtotn en geen PNP'er zoals vrijwel overal wordt getekend. In de onderstaande figuur hebben wij het schema van deze module goed getekend.





Uiterlijk en schema van de KY-036 module. (© 2020 Jos Verstraten)

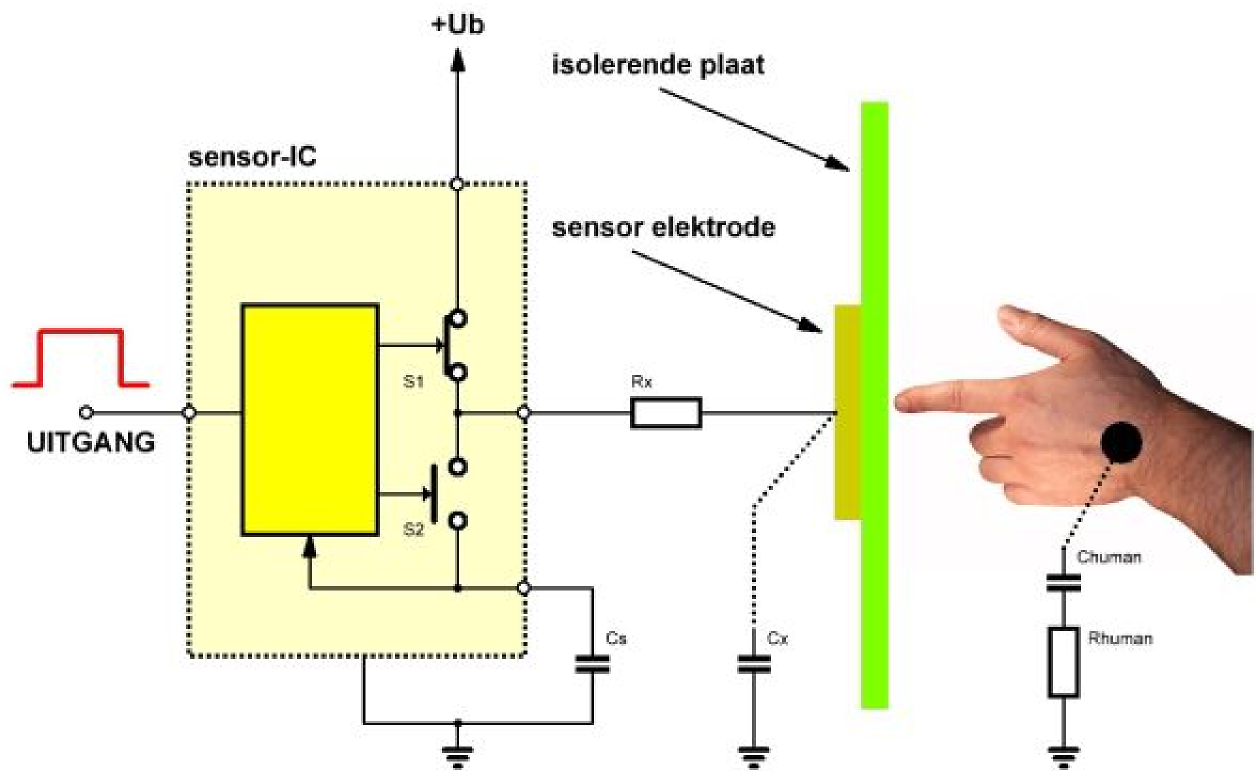
Het capacitieve principe

Het werkingsprincipe

De twee tot nu toe besproken principes hebben als nadeel dat u de aan te raken tiptoets van een geleidend materiaal moet maken en dat u deze écht moet aanraken. Capacitieve tiptoetsen hebben dit nadeel niet. Deze schakelingen zijn zo gevoelig dat er millimeters ruimte kan zitten tussen de sensor elektrode van het systeem en het aan te raken oppervlak. Dit oppervlak mag in dit geval zelfs niet eens elektrisch geleidend zijn.

De techniek die het meest wordt toegepast heet '*charge-transfer*'. Deze techniek is te complex voor zelfbouw, maar er is een aantal fabrikanten die zich gespecialiseerd hebben in deze techniek en speciale IC's op de markt brengen. In de onderstaande figuur is voorgesteld hoe deze techniek werkt. In het IC zit een generator de een blokvormige signaal met een frequentie van bijvoorbeeld 500 kHz genereert. Dit signaal stuurt twee schakelaars S1 en S2. Via S1 wordt de voedingsspanning aangeboden aan een weerstand R_x en de sensor elektrode. Deze elektrode heeft een bepaalde zeer kleine capaciteit C_x ten opzichte van de aarde. Deze capaciteit bepaalt tot welke spanning de sensor elektrode wordt opgeladen. Via een tweede schakelaar S2 wordt de lading die in C_x is opgeslagen overgedragen op een tweede condensator C_s. Deze lading uit zich onder de vorm van een spanning over deze condensator. Deze spanning wordt door het systeem gemeten.

In rust zoekt het systeem een evenwicht op en blijft de spanning over C_s constant. Als u echter met uw vinger in de buurt van de sensor elektrode komt wordt dit evenwicht verbroken. Uw vinger heeft namelijk ook een kleine capaciteit C_{human} ten opzichte van de aarde. De totale sensor capaciteit die de schakeling 'ziet' wordt dus groter en dit heeft gevolgen voor de ladingsverdeling tussen de twee capaciteiten C_x en C_s. Dit wordt door de processor in het IC gedetecteerd en afhankelijk van de grootte van de verstoring besluit de schakeling of wel of niet een uitgangssignaal wordt gegenereerd.



De werking van het capacitieve principe. (© 2020 Jos Verstraten)

De voordelen van het principe
Het allergrootste voordeel is reeds vermeld bij de bespreking van de werking. Bij dit systeem bestaat er een absoluut galvanische scheiding tussen de elektronica en uw vinger. U kunt dus nooit in aanraking komen met een gevaarlijke spanning. Vandaar dat dit principe vaak wordt toegepast voor het via een aanraakschakelaar bedienen van een lampdimmer. Met het capacitieve principe is het mogelijk spotgoedkoop een volledig veilige aanraakschakelaar in de armatuur van een lamp te integreren.
Een tweede voordeel is dat u een vrijwel onbeperkte vrijheid hebt in de manier waarop u de tiptoets in een apparaat integreert.
Het systeem is extreem gevoelig. Volgens sommig fabrikanten zijn hun schakelingen is staat capaciteitsvariaties van tienden van een pF op te sporen.

De vorm van de tiptoets
U kunt de sensor elektrode integreren in het koperpatroon van uw printplaat en de andere zijde van de print gebruiken als aan te raken tiptoets. Ook een niet elektrisch geleidende frontplaat is ideaal als drager voor uw capacitieve tiptoetsen. U lijmt op de achterzijde een klein koperen plaatje als sensor elektrode en op de voorzijde integreert u de vorm van de tiptoets in de belettering van uw frontplaat. Natuurlijk kunt u ook een LED in de aanraakschakelaar integreren door een koperen sluitring op de achterzijde van uw frontplaat te lijmen en achter het gat een LED'je te monteren. Als uw frontplaat half transparant is kunt u mooie effecten bedenken!

Een selectie uit tientallen IC's
Er zijn zoveel IC's ontwikkeld die werken volgens het '*charge-transfer*' principe dat het ondoenlijk is die allemaal te bespreken. Wij hebben een vijftal typen uitgekozen die, naar onze mening, ideaal zijn voor de experimenterende hobbyist, goed verkrijgbaar zijn en niet te duur.

TS01S van touchSEMI
Dit IC in SOT-26 behuizing is een capacitieve aanraakschakelaar voor één kanaal. Op AliExpress wordt deze chip door diverse aanbieders aangeboden voor prijzen vanaf € 0,50 per stuk. De uitgang werkt digitaal en bestaat uit een open-drain uitgang die u via een weerstand R1 met de voedingsspanning moet verbinden. Deze uitgang wordt naar 'L'

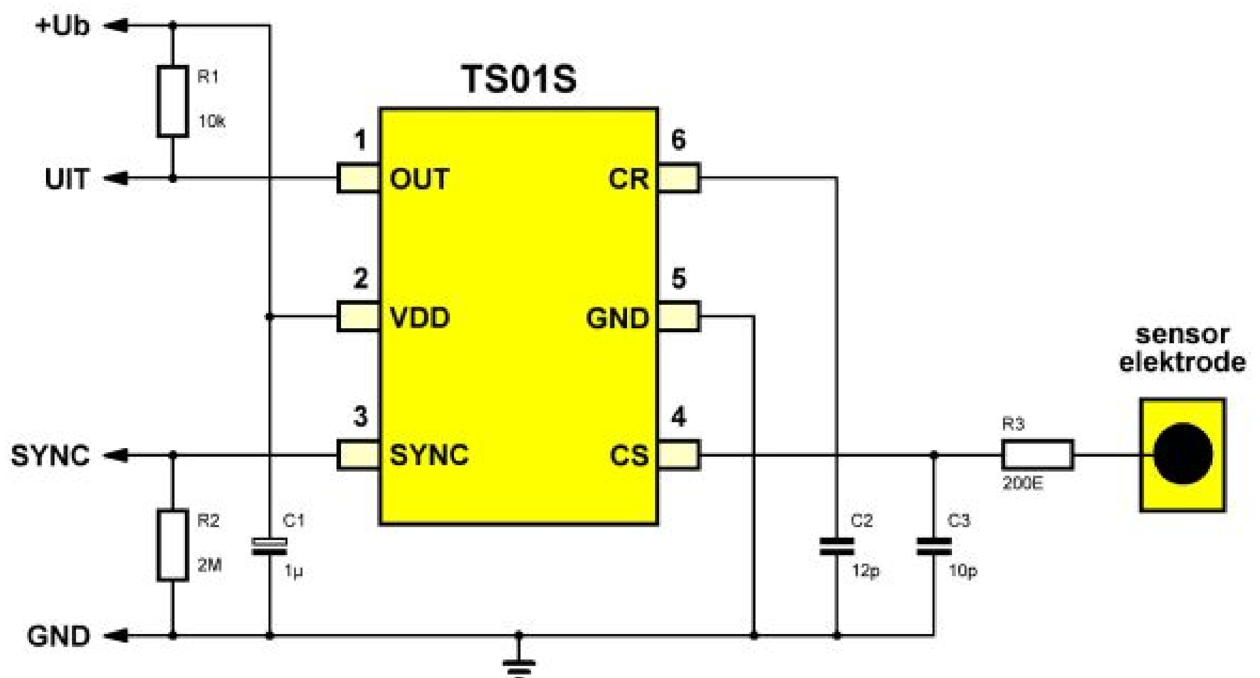
getrokken als de chip wordt geactiveerd.
De voornaamste specificaties van dit IC zijn:

- **Voedingsspanning:** 2,5 V ~ 5,0 V
- **Voedingsstroom:** 25 µA ~ 70 µA
- **Uitgangsstroom:** 4,0 mA max sink
- **Uitgangsweerstand bij detectie:** 12 Ω typisch
- **Uitgangsweerstand in rust:** 30 MΩ typisch
- **Maximale capaciteiten C_s en C_r:** 100 pF
- **Maximale sense weerstand:** 1 kΩ
- **Minimale detecteerbare capaciteitsvariatie:** 0,2 pF

U kunt de gevoeligheid van de schakeling aanpassen door parallel aan de sensor elektrode een kleine condensator (ongeveer 10 pF) naar de massa te schakelen. Hoe groter deze condensator, hoe minder gevoelig het geheel wordt. Voor de weerstand van het IC naar de sensor wordt een waarde tussen 200 Ω en 1 kΩ aanbevolen. De fabrikant raadt een sensor elektrode aan van 10 mm bij 7 mm.
Het IC heeft een SYNC-uitgang waarmee u tot maximaal tien identieke schakelingen kunt laten samenwerken. Door alle SYNC-uitgangen met elkaar te verbinden en deze lijn via een 2 MΩ weerstand aan de massa te leggen zorgt u ervoor dat de diverse schakelingen elkaar niet kunnen beïnvloeden. Alleen de uitgang van de chip waarvan de sensor elektrode wordt aangeraakt kan dan 'L' worden, alle andere IC's leveren een open-drain uitgang.
Als u de chip individueel gebruikt kunt u via de SYNC-pen de gevoeligheid instellen:

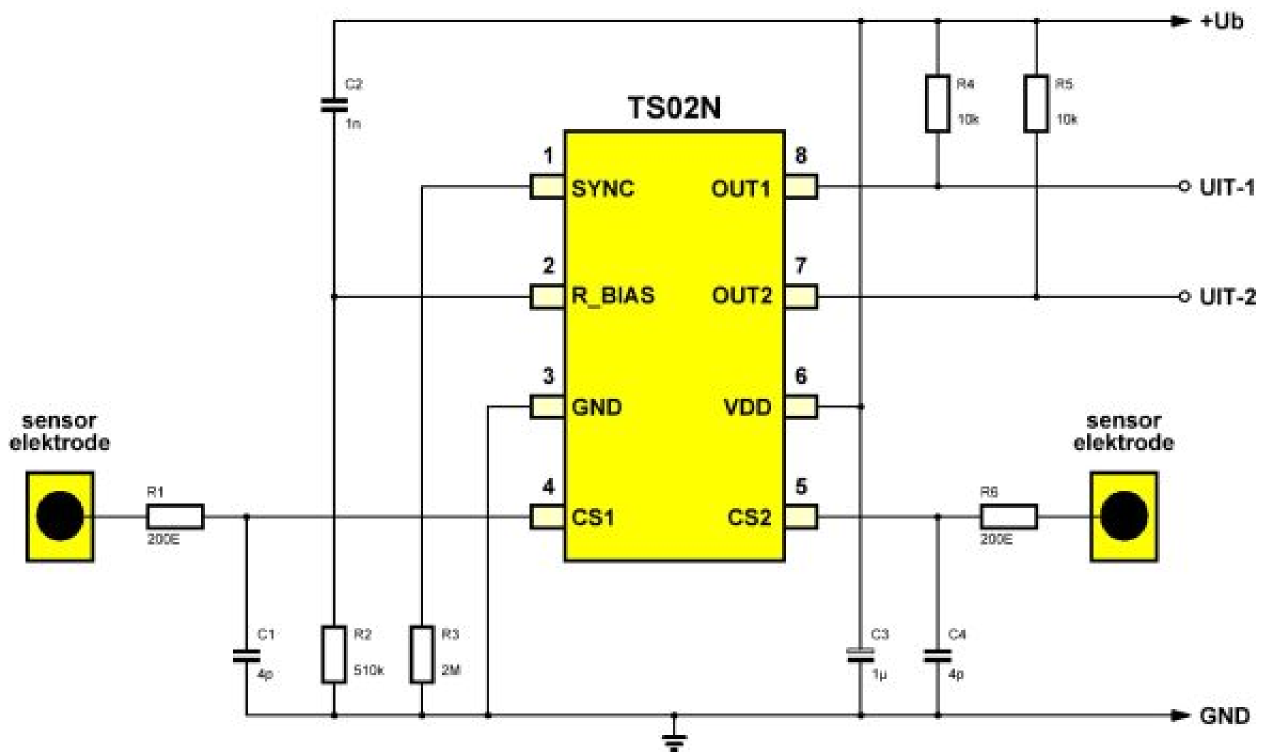
- SYNC via 2 MΩ aan de massa: hoge gevoeligheid.
- SYNC aan de voeding: gemiddelde gevoeligheid.
- SYNC aan de massa: lage gevoeligheid.

In de onderstaande figuur is het standaardschema rond de TS01S voorgesteld.



Aansluitgegevens en standaard schema rond de TS01S. (© 2020 Jos Verstraten)

TS02N van touchSEMI
Deze in SOP-8 ingebouwde chip is de dubbele uitvoering van de TS01S en kost ongeveer € 0,50 per stuk, alweer besteld via AliExpress aanbieders. Het IC werkt volledig identiek en vandaar dat wij volstaan met het door de fabrikant voorgeschreven schema mét de aansluitgegevens van de chip, zie onderstaande figuur.

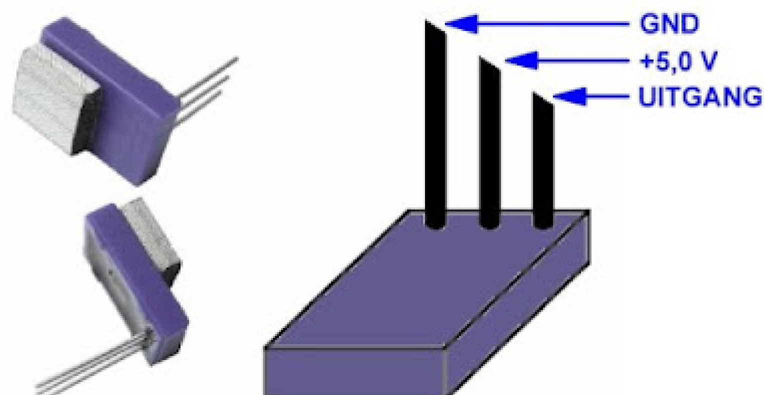


Aansluitgegevens en standaard schema rond de TS02N. (© 2020 Jos Verstraten)

TM04N van touchSEMI
Dit is een kant-en-klare capacitieve aanraakschakelaar die intern werkt met een TS01 chip. De module is 10,6 mm bij 16,7 mm groot en heeft een dikte van 3,7 mm. De sensor elektrode is bevestigd op de bovenzijde van de module en is 9,0 mm bij 9,0 mm groot en 3,0 mm dik. De module heeft slechts drie aansluitingen:

- Pen 1: GND.
- Pen 2: +5,0 V voedingsspanning.
- Pen 3: Open-drain uitgang, gaat naar GND bij activatie.

De stand-by voedingsstroom bedraagt slechts 100 µA, de uitgang kan maximaal 4,0 mA sinken naar GND. U kunt de module tegen een kunststof frontplaat lijmen.



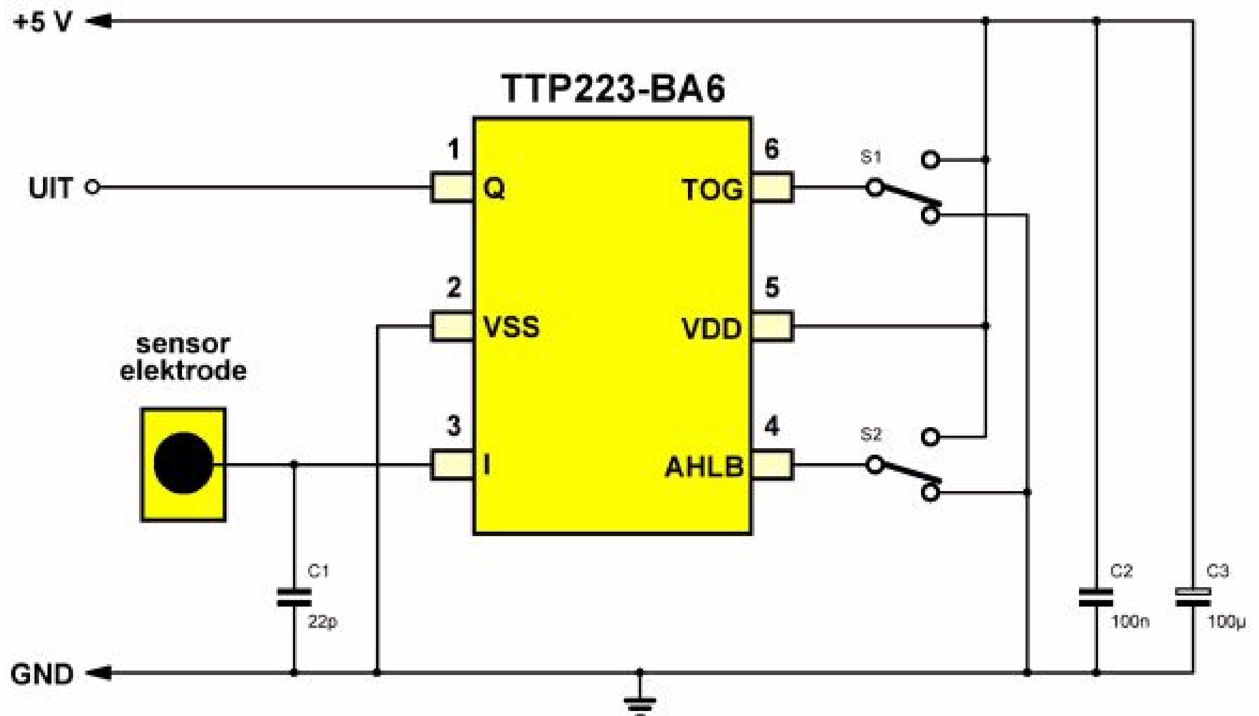
De gegevens van de TM04N van touchSEMI.
(© 2020 Jos Verstraten)

TTP223-BA6 van TonTek
Dit IC werkt op vrijwel identieke manier als de beschreven typen van touchSEMI. Er zijn echter twee belangrijke verschillen. De chip kan zowel actief 'H' als actief 'L' zijn. Als pen 4 'H' is, is de chip actief 'L'. Hangt deze pen aan de massa, dan is de chip actief 'H'. U kunt een toggle-modus instellen. Als pen 6 aan de massa hangt, dan levert de uitgang een puls als uw

vinger in de buurt van de actieve sensor komt. Als u deze pen 'H' maakt, dan werkt de chip als een AAN/UIT-schakelaar. Eerste activatie: AAN, tweede activatie: UIT.
Dit IC is bovendien spotgoedkoop. Bij AliExpress bestelt u tien stuks voor minder dan een halve euro!
De voornaamste specificaties van dit IC zijn:

- **Voedingsspanning:** 2,0 V ~ 5,5 V
- **Voedingsstroom:** 1,5 µA ~ 3,0 µA
- **Uitgangsstroom:** 8,0 mA max sink

Nadere gegevens worden niet vermeld in het datasheet.



Schakeling met de TTP223-BA6 van TonTek. (© 2020 Jos Verstraten)

Modules met de TTP223-BA6
De TTP223-BA6 is de basis van een heleboel Chinese modules die voor nogal uiteenlopende prijzen op de markt worden gebracht. In de onderstaande figuur hebben wij een aantal van deze modules verzameld. Waarom nummertje drie zo duur is? Geen idee, misschien omdat deze module zogenaamd door Velleman is ontwikkeld?



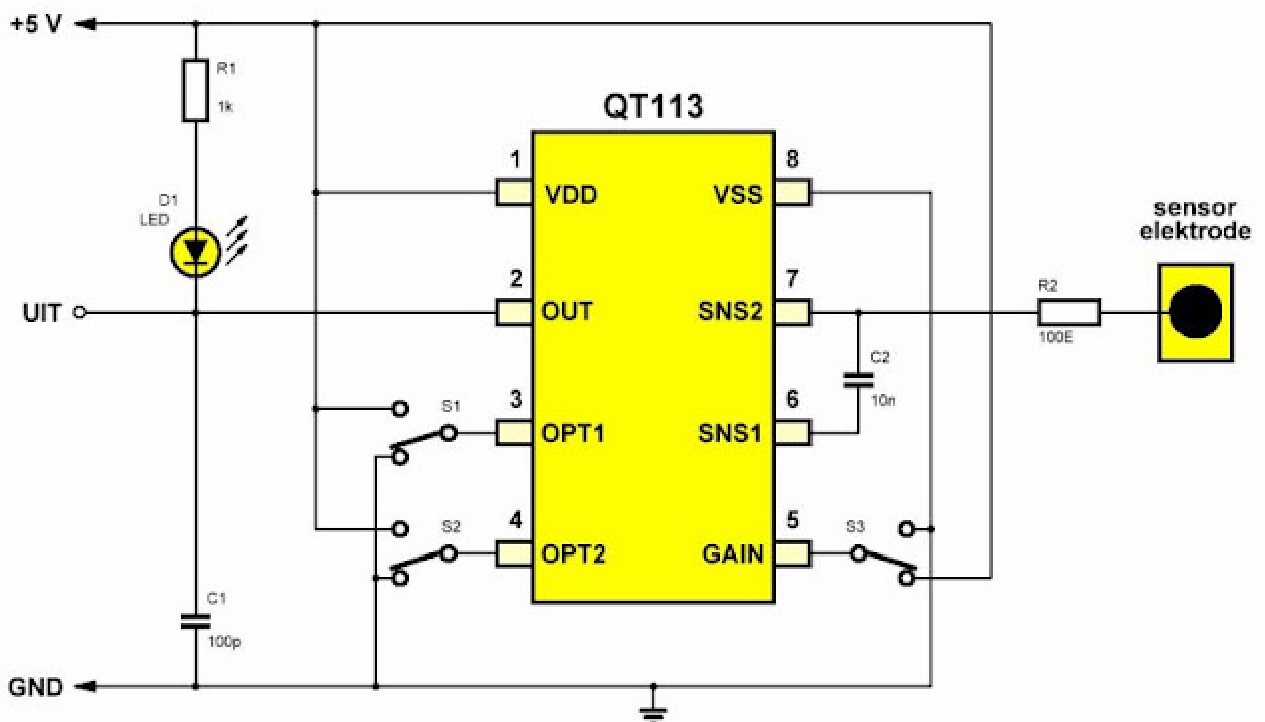
Modules met de TTP223-BA6 van TonTek. (© 2020 Jos Verstraten)

QT113 van Quantum Research Group
Met dit IC kunt u een aanraakschakelaar opbouwen met slechts één condensator en één weerstand extra. Deze chip, die voor ongeveer € 2,50 te koop is, heeft een gevoeligheidsinstelling, een toggle-modus en een infinite-modus:

- **Gevoeligheid:**
  Pen 5 aan de massa: lage gevoeligheid. Pen 5 aan de +5 V: hoge gevoeligheid.

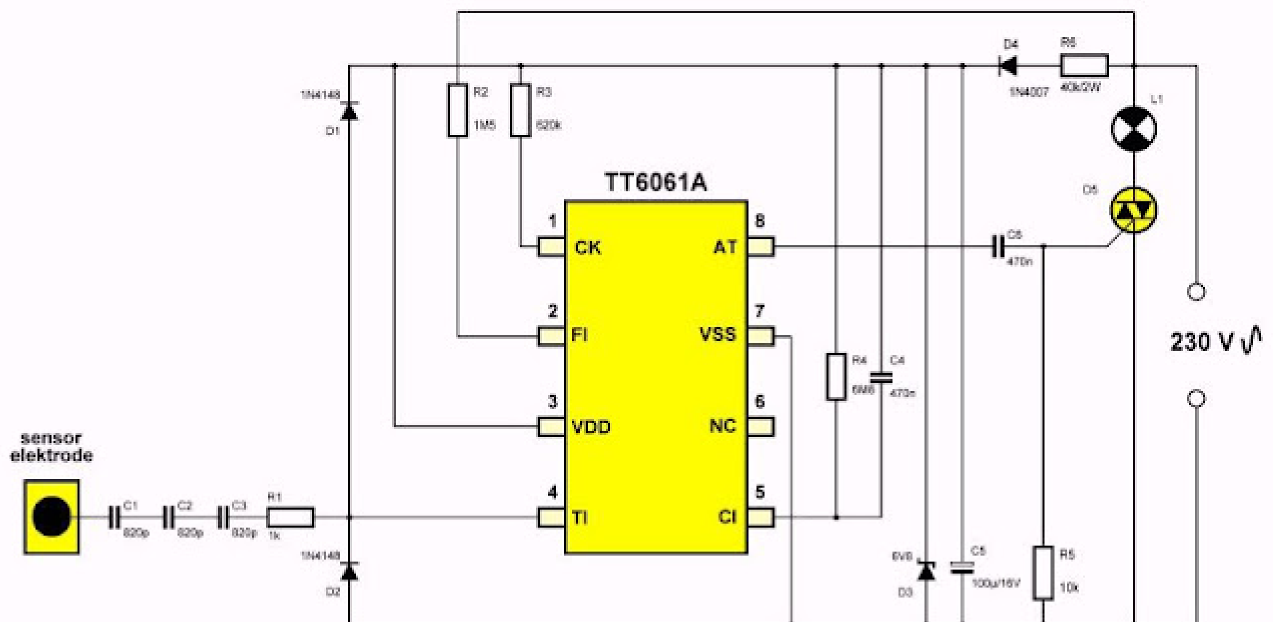
- **Toggle-modus:**
  Pennen 3 en 4 aan de massa: toggle-modus. Pennen 3 en 4 aan +5 V: pulse-modus.
- **Infinite-modus:**
  De chip blijft een lage uitgang leveren na activatie als pen 3 'L' is en pen 4 'H'.

Ook dit IC heeft een actief lage uitgang waarbij een MOS-transistor pen 2 naar de massa trekt bij activatie. Let echter op! In rust verschijnen er op pen 2 zeer smalle pulsjes naar de massa. Deze pulsjes worden '*heartbeat pulses*' genoemd en deze kunnen in uitgebreide schakelingen gebruikt worden om te testen of de chip werkt. Deze pulsjes zijn zo smal dat een LED of een relais er geen last van hebben. Als deze pulsjes ongewenst zijn, dan kunt u deze elimineren door een condensator C1 van 100 pF tussen pen 2 en de massa aan te brengen.
De voornaamste specificaties van dit IC zijn:
 - Voedingsspanning: 2,5 V ~ 5,0 V
 - Voedingsstroom: 600 µA ~ 1.500 µA
 - Uitgangsstroom: 5,0 mA max. sink



De QT113 van Quantum Research Group. (© 2020 Jos Verstraten)

TT6061A van TonTek: 230 V triac besturing
Dit IC is een beetje een vreemde eend in de bijt. Weliswaar is de aanraaksensor capacitief verbonden met de schakeling, maar u moet deze geleidende sensor wél aanraken. Dit IC is spotgoedkoop. Bij AliExpress betaalt u € 1,13 voor tien stuks. De schakeling is specifiek ontworpen voor het dimmen van gloeilampen door middel van een triac. Dat gaat niet traploos, maar in drie stappen. Als u de spanning inschakelt wordt de triac niet in geleiding gestuurd. Raakt u de tiptoets aan, dan gaat de lamp zacht gloeien. Na een tweede aanraking gaat de lamp op halve spanning branden. Na de derde aanraking gaat de lamp op volle spanning branden. Na de vierde aanraking, u snapt het al, gaat de lamp weer doven.
In de onderstaande figuur stellen wij het door de fabrikant voorgeschreven schema rond de TT6061A voor.



Standaard schema rond de TT6061A. (© 2020 Jos Verstraten)

De voedingsspanning van 6,8 V voor het IC wordt op traditionele manier opgewekt door middel van de diode D4, de condensator C5 en de zenerdiode D3. De serieweerstand R6 moet een 2 W type zijn en wordt flink warm. De weerstand R3 meldt aan de chip dat er op 50 Hz wordt gewerkt en de weerstand R2 geeft de positie van de nuldoorgangen van de netspanning door. De door het IC gegenereerde ontsteekpulsen voor de triac D5 worden capacitief doorgekoppeld via C6.
De sensor elektrode wordt door middel van drie in serie geschakelde kleine condensatoren met een werkspanning van 450 V aan pen 4 aangeboden. De weerstand R1 en de twee dioden D1 en D2 beschermen deze ingang tegen te hoge spanningen.

SGL8022W van SiGma Micro: pulsbreedte modulatie besturing
Met dit IC kunt u een pulsbreedte modulatie ontwerpen voor het regelen van het vermogen dat u aan DC-belastingen toevoert, zoals LED-lampen en gelijkstroom motoren. De regeling verloopt traploos over het volledige regelbereik van de pulsbreedte modulatie. De tiptoets kan geïsoleerd zijn van de sensor elektrode van het IC, het is dus een echte capacitieve regeling. Het IC heeft vier modi, die u kunt selecteren door de ingangen OPT1 en OPT2 met de massa ('L') of met de voeding ('H') te verbinden:

- **OPT1 = 'H', OPT2 = 'H':**
  AAN/UIT-regeling van de belasting. Bij het inschakelen van de voedingsspanning wordt de belasting niet gestuurd. Na een druk van minder dan 550 ms op de tiptoets wordt de belasting AAN gestuurd. Na een identieke druk gaat de belasting weer UIT. Door langer dan 550 ms op de tiptoets te drukken kunt u de belasting traploos regelen van maximum naar minimum en omgekeerd. De laatste waarde van de pulsbreedte wordt echter niet in een geheugen opgeslagen.
- **OPT1 = 'L', OPT2 = 'H':**
  Traploze regeling zonder geheugen. Bij het aanraken van de toets wordt de belasting traploos geregeld van nul tot maximum en dan weer terug. De laatste waarde van de pulsbreedte wordt echter niet bewaard in het geheugen.
- **OPT1 = 'H', OPT2 = 'L':**
  Traploze regeling met geheugen. Idem, maar nu wordt de laatste waarde van de pulsbreedte opgeslagen in het geheugen. De belasting gaat na de volgende inschakeling naar deze instelling.
- **OPT1 = 'L', OPT2 = 'L':**
  Regeling met slechts drie niveaus: UIT - LAAG - MEDIUM - HOOG.

Er worden niet veel specificaties van dit IC gegeven:
- Voedingsspanning: 3,3 V typisch

- **Voedingsstroom:** 400 µA
- **Standby stroom:** 12 µA
- **Uitgangsstroom 'H':** 5,0 mA max.
- **Uitgangsstroom 'L':** 9,0 mA max.

In de onderstaande figuur is het standaard schema rond de SGL8022W getekend. De belasting kan uiteraard een eigen voedingsspanning hebben die hoger is dan de voedingsspanning van het IC. Deze ligt tussen +2,4 V en +5,5 V.



Standaard schema rond de SGL8022W. (© 2020 Jos Verstraten)

Module met de SGL8022W

Rond de SGL8022W is een kant-en-klare module ontwikkeld die op diverse Chinese sites te koop staat voor een prijs rond een halve euro. Door middel van twee jumpers kunt u de vier modi van de chip selecteren.



Een goedkope module rond de SGL8022W. (© AliExpress)